

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PCTWELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : B01J 8/00	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/53908 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 3. Dezember 1998 (03.12.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/03114 (22) Internationales Anmeldedatum: 27. Mai 1998 (27.05.98) (30) Prioritätsdaten: 197 22 382.6 28. Mai 1997 (28.05.97) DE 197 22 570.5 30. Mai 1997 (30.05.97) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MESSER GRIESHEIM GMBH [DE/DE]; Frankfurt Airport Center 1, C9, Hugo-Eckener-Ring, D-60547 Frankfurt am Main (DE). (71) Anmelder (nur für BE DE FR GB IT NO): BAYER AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; D-51368 Leverkusen (DE). KERR-MCGEE PIGMENTS GMBH & CO. KG [DE/DE]; Geb. N 215, Rheinuferstrasse 7-9, D-47829 Krefeld (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GROSS, Gerhard [DE/DE]; Bengdbruchstrasse 34, D-47877 Willich (DE). LAILACH, Günter [DE/DE]; Bismarckstrasse 109, D-47799 Krefeld (DE). WÜLBECK, Dieter [DE/DE]; Emil-Fischer-Strasse 7, D-47829 Krefeld (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: AU, CN, CZ, HU, ID, KR, NO, PL, SG, SK, TR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>
(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR CONDUCTING REACTIONS IN FLUIDIZED PARTICLE LAYERS (54) Bezeichnung: APPARAT UND VERFAHREN ZUR DURCHFÜHRUNG VON REAKTIONEN IN FLUIDISIERTEN PARTIKELSCHICHTEN (57) Abstract <p>The invention relates to an apparatus for conducting reactions in a fluidized particle layer located above a bottom through which the fluidization gas flows. One or several supersonic nozzles, through which one or several reactants are fed, are arranged in the wall of the apparatus above said bottom. The invention also relates to a method for conducting reactions in a fluidized particle layer, whereby the reactants are introduced into said fluidized particle layer by supersonic transversal injection.</p> (57) Zusammenfassung <p>Bei einem Apparat zur Durchführung von Reaktionen in einer über einem Anströmboden befindlichen fluidisierten Partikelschicht werden in der Wand der Vorrichtung oberhalb des Anströmbodens eine oder mehrere Überschalldüsen angeordnet, durch die ein oder mehrere Reaktanten zugeführt werden. Bei einem Verfahren zur Durchführung von Reaktionen in einer fluidisierten Partikelschicht erfolgt eine Einleitung der Reaktanten in die fluidisierte Partikelschicht durch transversale Injektion mit Überschallgeschwindigkeit.</p>		

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Apparat und Verfahren zur Durchführung von Reaktionen in fluidisierten Partikelschichten

Die Erfindung betrifft einen Apparat sowie ein Verfahren zur Durchführung von
5 Reaktionen in fluidisierten Partikelschichten, wobei Reaktanten in die fluidisierten Partikelschichten eingeblasen werden.

Bekannt sind Reaktionen in fluidisierten Partikelschichten, wobei diese Schichten stationäre Schichten in sogenannten Fließbett- oder Wirbelschichtreaktoren oder
10 Ströme in Gas suspendierter Partikel in Reaktoren mit zirkulierender Wirbelschicht sein können, bei denen der aus dem Reaktor ausgetragene Partikelstrom vollständig oder teilweise vom Gasstrom getrennt und in den unteren Bereich des Reaktors zurückgeführt wird. Die fluidisierten Partikel können sowohl Reaktanten sein, wie z. B. bei Röstprozessen, Kohleverbrennung,
15 Chlorierungsprozessen usw., als auch Katalysatoren, wie z. B. bei Crackprozessen, Hydrierungsreaktionen usw., oder Inertmaterial. Bei der Vielzahl der im technischen Maßstab durchgeführten Reaktionen in fluidisierten Partikelschichten (FPS), bei denen das Fluidisierungsmedium gasförmig ist, stellen die Anströmböden, durch die die Fluidisierungsgase in die Reaktoren
20 eingeleitet werden, häufig ein Problem dar, weil sie sowohl chemischen wie technischen Angriffen ausgesetzt sind. Ein weiteres Problem entsteht bei großen Reaktoren dadurch, daß die gleichmäßige Gasverteilung über große Anströmf lächen schwierig ist und daß an die mechanische Tragfähigkeit der Anströmböden bei Betriebsstillstand hohe Anforderungen gestellt werden.
25 Schließlich kann bei seitlichem Partikeleintrag eine unzureichende radiale Partikelvermischung zu Zonen mit unterschiedlichen Reaktionsbedingungen innerhalb der FPS führen.

Besondere Probleme bei der Durchführung von Reaktionen in FPS entstehen
30 dann, wenn zwei oder mehr gasförmige oder flüssige Reaktanten getrennt in eine FPS einge leitet werden sollen, weil sie beispielsweise beim Mischen außerhalb der FPS explosive Mischungen bilden. Leitet man einen oder mehrere dieser Reaktanten durch Öffnungen in der Reaktorwand ein, entstehen Probleme durch

ungleichmäßige Verteilung der verschiedenen Reaktanten in der FPS. Um dies zu vermeiden, werden komplizierte Apparate eingesetzt, bei denen die verschiedenen Reaktanten über getrennte Zuleitungen durch den Anströmboden eingeleitet werden.

5

Bekannt ist der Einsatz von Sauerstoff in stationären oder zirkulierenden Wirbelschicht- bzw. Fließbettreaktoren bei oxidierenden Reaktionen, wie zum Beispiel dem Rösten sulfidischer Erze, der thermischen Spaltung von Abfallschwefelsäuren, der Kalzinierung von Tonerde oder der Verbrennung von Klärschlämmen. Durch die Verwendung von Luft als Fluidisierungsgas werden die Feststoffpartikel fluidisiert, daß bedeutet in Schwebe gehalten und gleichzeitig wird Sauerstoff für die oxidierenden Reaktionen mit den Reaktanten zugeführt. Fluidisierte Partikel können sowohl oxidierbare Reaktanten, Inertstoffe oder Katalysatoren sein.

15

Ferner ist bekannt, die Kapazität von Vorrichtungen dadurch zu erhöhen und bei exothermen Reaktionen, wie der Spaltung von Abfallschwefelsäure, den Brennstoffbedarf dadurch zu reduzieren, daß anstelle von Verbrennungsluft Sauerstoff oder mit Sauerstoff angereicherte Luft verwendet wird. Erfolgt die Verbrennung der Brennstoffe mit Brennern (DE 2 506 438), ist diese Vorgehensweise unproblematisch. Vorteile bringt die Verwendung sauerstoffangereicherter Luft auch bei der Durchführung derartiger Reaktionen in Fließbettreaktoren (DE 3 328 708). Jedoch sind hier dem Sauerstoffgehalt einerseits durch die Beständigkeit der Werkstoffe im Bereich des Zuleitungssystems für die Fluidisierungsluft und andererseits durch eine Temperaturerhöhung in unmittelbarer Nähe des Anströmbodens aufgrund der Sauerstoffanreicherung relativ enge Grenzen gesetzt. Diese führt zu Problemen hinsichtlich der mechanischen Festigkeit und Verzunderung der Böden.

30

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher, einen Apparat sowie ein Verfahren zur Durchführung von Reaktionen in fluidisierten Partikelschichten zur Verfügung zu stellen, mit dem die oben genannten Probleme, wie ungleichmäßige Verteilung in der FPS, chemische und mechanische Beständigkeit und

Tragfähigkeit der Anströmböden, ungleichmäßige Gasverteilung und unzureichende radiale Partikelvermischung und unterschiedliche Reaktionsbedingungen in der FPS, vermieden werden und mit dem effektiv und kostengünstig gearbeitet werden kann.

5

Diese Aufgabe konnte mit dem erfindungsgemäßen Reaktor und dem erfindungsgemäßen Verfahren gelöst werden.

10

Überraschend wurde gefunden, daß die oben genannten Probleme weitgehend oder vollständig durch transversale Injektion von Reaktanten mit Überschallgeschwindigkeit in die FPS gelöst werden können.

15

Gegenstand der Erfindung ist ein Reaktor mit Anströmboden, durch den ein Fluidisierungsgas in eine über diesem Anströmboden befindliche Partikelschicht zwecks Erzeugung einer fluidisierten Partikelschicht eingeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß in die Reaktorwand oberhalb des Anströmbodens eine oder mehrere Überschalldüsen angeordnet sind.

20

Bei den Reaktoren handelt es sich um Reaktoren, bei denen durch Einspeisung von Fluidisierungsgas durch einen Anströmboden über diesem Boden eine fluidisierte Partikelschicht gebildet wird und bei denen durch transversale Überschalldüsen radial oder in einem Winkel zum Radius Reaktanten mit Überschallgeschwindigkeit in diese fluidisierte Partikelschicht injiziert werden.

25

Die Überschalldüsen, auch als Laval-Düsen bekannt, werden bei Bedarf bevorzugt mit einem Kühlmantel versehen.

30

Überschalldüsen (Laval-Düsen) haben in der Technik eine weite Anwendung gefunden und werden dazu benutzt, um Gasströmungen von Unterschallgeschwindigkeit auf Überschallgeschwindigkeit zu beschleunigen.

Es können eine oder eine Vielzahl von Überschalldüsen am Umfang des Reaktors angebracht sein.

Die Düsen können in einer oder mehreren Ebenen angeordnet sein.

5

Der Abstand zwischen den Düsen und dem Anströmboden beträgt vorzugsweise mindestens 100 mm, besonders bevorzugt 250 bis 600 mm.

Der Einbau der Laval-Düsen erfolgt vorzugsweise so, daß sie mit der Reaktorinnenwand abschließen oder gegenüber dieser zurückgezogen sind.

10

Die Neigung der Düsen gegen die Horizontale beträgt vorzugsweise weniger als 20 °, besonders bevorzugt 0 °.

Die Überschalldüsen sind vorzugsweise radial oder in einem Winkel zum Radius angeordnet.

15

Die Abmessungen des engsten Querschnittes und des Austrittsquerschnittes der Laval-Düsen richten sich nach der zu injizierenden Menge, der Temperatur und der Mach-Zahl der aus der Düse austretenden Reaktanten und dem zur Verfügung stehenden Druck der Komponenten.

20

Die Auslegung der Düsen erfolgt nach den dem Fachmann bekannten Formeln für Laval-Düsen.

25

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Durchführung von Reaktionen in fluidisierten Partikelschichten durch Einleiten eines Fluidisierungsgases durch einen Anströmboden zur Erzeugung der fluidisierten Partikelschicht und durch transversales Einleiten von einem oder mehreren Reaktanten in die fluidisierte Partikelschicht, das dadurch gekennzeichnet ist, daß die Einleitung der Reaktanten durch transversale Injektion mit Überschallgeschwindigkeit durch Überschalldüsen erfolgt.

30

Die Austrittsgeschwindigkeit der Reaktanten aus der oder den Überschalldüse(n) beträgt vorzugsweise mindestens Mach 1, besonders vorzugsweise mindestens Mach 1,5. Die Austrittsgeschwindigkeit ist besonders bevorzugt geringer als Mach 3.

5

Die injizierten Reaktanten können gasförmig sein. Sind die Reaktanten flüssig oder fest, werden sie mittels Trägergases in die fluidisierte Partikelschicht injiziert. Unterschiedliche Reaktanten können durch getrennte Düsen injiziert werden.

10 Als Reaktanten, die durch transversale Überschallinjektion in die FPS eingespeist werden können, kommen bevorzugt Gase in Frage, wie z. B. O_2 , H_2 , Cl_2 , Kohlenwasserstoffe, Wasserdampf und viele andere. Es können aber auch in einem Gasstrom (Trägergas) zerstäubte Flüssigkeiten, wie z. B. Heizöl, oder suspendierte Feststoffe, wie z. B. Kohlestaub, durch die transversalen
15 Überschalldüsen injiziert werden.

Als Reaktant kann besonders bevorzugt reiner Sauerstoff oder sauerstoffangereicherte Luft, vorzugsweise mit mindestens 30 Vol.-% O_2 , injiziert werden.

20

Erfindungsgemäß können neben dem Sauerstoff zusätzlich brennbare Reaktanten durch separate Düsen durch transversale Injektion mit Überschallgeschwindigkeit der Wirbelschicht zugeführt werden.

25

Durch das transversale Einblasen von Sauerstoff und gegebenenfalls von brennbaren Reaktanten mit Überschallgeschwindigkeit wird die Mischungsenergie in der fluidisierten Partikelschicht erhöht und damit der radiale Wärme- und Stofftransport verbessert. Daraus resultiert ein gleichmäßiges kastenförmiges
30 Temperaturprofil und eine homogene Stoffverteilung, was zu einer gleichmäßigen Produktqualität führt. Das zusätzliche Angebot an Sauerstoff ermöglicht eine erhebliche Steigerung der Durchsatzleistung bei gegebener Anströmfläche bzw. eine Verkleinerung der Anströmfläche beim Neubau eines Wirbelschichtreaktors.

Das beschriebene Verfahren der transversalen Überschallinjektion von Sauerstoff und gegebenenfalls brennbaren Reaktanten läßt sich bei allen Oxidationsprozessen in Wirbelschichten vorteilhaft einsetzen, beispielsweise bei dem oxidierenden Rösten sulfidischer Erze oder dem Vergasen von Kohle, bei der thermischen Spaltung von Abfallschwefelsäuren, Salzen, Beiz- und Ablaugbädern, bei der Kalzinierung von Tonerde, der Verbrennung von Klärschlämmen oder Abfällen, bei dem Recycling von Gießereialtsänden, beim Regenerieren von Katalysatoren und beim Spalten von Salzsäure. Das erfindungsgemäße Verfahren ist dabei nicht auf die zuvor aufgeführten und nur beispielhaft genannten Prozesse beschränkt.

Vorteile bietet der erfindungsgemäße Apparat bzw. das erfindungsgemäße Verfahren besonders dann, wenn das Fluidisierungsgas und ein weiterer Reaktant erst in der FPS miteinander in Kontakt kommen sollen, wie dies beispielsweise bei Kalzinierprozessen der Fall ist. Hierbei wird mit Luft fluidisiert, und in der FPS wird ein Brennstoff verbrannt. Bisher erforderte dieser Prozeß komplizierte Anströmböden, um die Luft und den Brennstoff getrennt durch eine Vielzahl von Öffnungen /Düsen durch den Anströmboden einzuleiten. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht hier nun die Brennstoffeinspeisung durch relativ wenige transversale Überschalldüsen und die Einleitung der Fluidisierungsluft durch einen einfachen Anströmboden mit kleinem Querschnitt, wobei die Betriebstemperatur des Anströmbodens unterhalb derjenigen nach dem Stand der Technik liegt. Durch die Brennstoffeinspeisung in die FPS mit Überschallgeschwindigkeit erfolgt eine ausgezeichnete radiale Vermischung von Brennstoff, Fluidisierungsluft und fluidisierten Partikeln. Durch zusätzliche Überschallinjektion von Sauerstoff kann zudem eine erhebliche Kapazitätssteigerung bei einem vorgegebenen Reaktor erreicht werden.

Als Prozesse, bei denen - wie oben beschrieben - durch transversale Überschallinjektion von Brennstoffen und ggf. Sauerstoff besondere Vorteile erzielt werden, seien außer den Kalzinierprozessen beispielhaft die oxidierende, thermische Behandlung von Erzen, die Entölung von Walzzundern und anderen,

die Verbrennung von Klärschlamm oder Müll, die partielle oder vollständige Reduktion von Erzen, die thermische Spaltung von Metallchloriden oder -sulfaten, das oxidierende Rösten sulfidischer Erze usw. genannt.

5 Vorteile bietet das erfindungsgemäße Verfahren bzw. der erfindungsgemäße Reaktor auch bei der Herstellung von Chloriden des Titans, Siliciums, Zirkons und anderer Metalle, bei der die Anströmböden einem besonders hohen chemischen Angriff ausgesetzt sind. Die Anströmböden können beispielsweise relativ gering gehalten werden.

10

Vorteilhaft läßt sich die Erfindung auch bei Wirbelschichtwärmebehandlungsöfen anwenden, bei denen durch die Laval-Düsen N_2 oder Aufkohlungsmittel wie Erdgas, Methanol oder CO injiziert werden können.

15 Weitere Prozesse, bei denen die Erfindungen sich vorteilhaft auswirken, sind Crack-Prozesse, Hydrierungsreaktionen, Verfahren zur Regenerierung von Katalysatoren, insbesondere Verfahren zum Abbrennen von Kohlenstoffablagerungen und anderen. Die Aufzählung der Prozesse, bei denen die erfindungsgemäßen Reaktoren und das erfindungsgemäße Verfahren Vorteile
20 bietet, erfolgt beispielhaft und ist nicht auf diese Prozesse beschränkt.

Die Erfindung soll anhand der nachfolgenden Beispiele näher erläutert werden.

Vergleichsbeispiel 1

25

Ein Fließbettreaktor mit 4 m Durchmesser im Bereich des Anströmbodens (beispielsweise Typ Schlitzrost) wurde zur thermischen Spaltung von Metallsulfaten, die als Filterkuchen mit 68 %iger Schwefelsäure als Feuchte anfielen, eingesetzt. Die Spaltung erfolgt bei ca. 1000 °C, wobei Pyrit und Koks
30 als Reduktionsmittel und Brennstoff eingesetzt wurden

In den Reaktor wurden 12,5 t/h oben genannten Filterkuchens, 2 t/h Pyrit und 2,45 t/h Koks eingesp. ist. Durch den Rost (Anströmboden) wurden 20 000 m³/h

Luft eingeleitet. 100 mm über dem Rost wurde eine Temperatur von 980 °C gemessen. 1 100 mm über dem Rost betrug die Temperatur 1 060 °C, im Gasaustrittskanal 1 070 °C. Der SO₂-Gehalt der aus dem Reaktor austretenden Gase lag bei 11,2 Vol.-% (bezogen auf trockenes Gas).

5

Vergleichsbeispiel 2

Ein Fließbettreaktor mit 4 m Durchmesser im Bereich des Anströmbodens (beispielsweise Typ Schlitzrost) wurde zur thermischen Spaltung von
10 Metallsulfaten, die als Filterkuchen mit 68 %iger Schwefelsäure als Feuchte anfielen, eingesetzt. Die Spaltung erfolgt bei ca. 1 000 °C, wobei Pyrit und Koks als Reduktionsmittel und Brennstoff eingesetzt wurden

In den Reaktor wurden 20 t/h des oben genannten Filterkuchens, 3,3 t/h Pyrit und
15 3 t/h Koks eingespeist. Durch den Rost (Anströmboden) wurden 18 000 m³/h (im Normzustand) Luft und 1 900 m³/h O₂ (entsprechend 28,1 Vol.-% O₂ im Fluidisierungsgas) eingeleitet. Die erforderliche Motorleistung des Gebläses, mit dem das Luft/O₂-Gemisch gefördert wurde, betrug 142 kW, der Vordruck vor dem Rost lag bei 170 mbar. Es wurde eine Temperatur von 995 °C in einem Abstand
20 von 100 mm über dem Rost gemessen. In einem Abstand von 1 100 mm über dem Rost betrug die Temperatur 1 060 °C, im Gasaustrittskanal des Reaktors lag die Temperatur bei 1 065 °C.

Von den festen Reaktionsprodukten (Metalloxidgemisch + Asche) wurden ca. 85
25 % als Staub mit den Reaktionsgasen ausgetragen und ca. 15 % als grobes sandförmiges Bettmaterial unten aus dem Reaktor abgezogen. Das aus dem Reaktor austretende Reaktionsgas enthielt 18,3 Vol.-% SO₂ (bezogen auf trockenes Gas).

30 Vergleichsbeispiel 3

An den Reaktor gemäß Vergleichsbeispiel 1 und 2 wurden gleichmäßig über den Umfang verteilt 6 Gaseintrittsstutzen angebracht, durch die Sauerstoff in einer

Höhe von 350 mm über dem Rost eingeleitet wurde. Die Sauerstoffeinleitung erfolgte durch Rohre aus hitzebeständigem Stahl mit 24 mm Innendurchmesser, die so montiert waren, daß sie an der Innenfläche der Reaktorausmauerung endeten.

5

Die Einspeisung der Feststoffe Filterkuchen, Pyrit und Koks erfolgte wie in Vergleichsbeispiel 1 und 2. Durch den Rost wurden nur 18.100 m³/h Luft eingespeist. Die Einleitung der 1 900 m³/h O₂ erfolgte gleichmäßig durch die 6 Einleitrohre. Die Leistungsaufnahme des Gebläsemotors betrug bei einem Vordruck von 155 mbar nur noch 124 kW. Die Temperatur in einer Höhe von 100 mm über dem Rost betrug nur noch 920 °C. Die Meßstellen in einer Höhe von 100 mm über dem Rost zeigten Temperaturen von 940 und 1 135 °C. Im Gasaustrittskanal lag die Temperatur bei 1 070 °C.

15 Nach 2 h Versuchsdauer wurden im Bettmaterial grobe versinterte Stücke bis Faustgröße beobachtet. Da deren Anteil im weiteren Versuchsverlauf zunahm, wurde der Versuch nach 6 h abgebrochen. Die ausgebauten Gaseinleitrohre zeigten am inneren Ende starke Verzunderung.

20 Beispiel 1

In die 6 Stutzen im Reaktormantel wurden statt der einfachen Gaseinleitrohre (gemäß Vergleichsbeispiel 3) erfindungsgemäße Laval-Düsen eingebaut, die von einem Kühlmantel umhüllt waren, der mit Kühlwasser durchströmt wurde. Das Düseneende war gegenüber der Reaktorwand um 20 mm zurückversetzt.

Durch die Laval-Düsen (kleinster Durchmesser 10,2 mm) wurden bei einem Vordruck von 4,9 bar (absolut) und einem Reaktordruck von 1 bar absolut insgesamt 1 900 m³/h O₂ eingeleitet. Die berechnete Austrittsgeschwindigkeit des Sauerstoffs betrug Mach 1,7. Die Luftmenge und die Betriebsdaten des Luftgebläses entsprachen denen aus Vergleichsbeispiel 2, die Mengen der eingespeisten Feststoffe denen aus Vergleichsbeispielen 1 und 2. In einer Höhe von 100 mm über dem Rost betrug die Temperatur 920 °C. An allen Meßstellen 1

100 mm über dem Rost wurden 1 060 bis 1 065 °C gemessen, im Gasaustrittskanal lag die Temperatur bei 1 065 °C.

Das abgezogene Bettmaterial war gleichmäßig sandförmig ohne versinterte
5 Brocken. Bei einer Kontrolle des Rostbodens nach 8 Monaten Betriebszeit zeigte dieser wesentlich weniger Zunderbildung als nach vergleichbarer Betriebsdauer unter den herkömmlichen Betriebsbedingungen entsprechend Vergleichsbeispiel 1. Dadurch wurde insbesondere auch eine gleichmäßige Verteilung der
10 Fluidisierungsluft während der gesamten Betriebsdauer gewährleistet. Diese ist für den Prozeß wichtig, weil bei schlechter Verteilung Metallsulfate zusammen mit dem Metalloxidstaub ausgetragen werden können.

Beispiel 2

15 In den mit den erfindungsgemäßen Laval-Düsen ausgerüsteten Reaktor (gemäß Beispiel 1) wurden nur 16 000 m³/h Fluidisierungsluft eingeleitet. Der O₂-Druck vor den Laval-Düsen (kleinster Durchmesser 13,2 mm) wurde auf 7,8 bar absolut erhöht, so daß insgesamt 4 000 m³/h O₂ eingeleitet wurden. Die berechnete Austrittsgeschwindigkeit aus den Düsen betrug ca. Mach 2. Der Leistungsbedarf
20 des Gebläsemotors fiel auf 112 kW bei 135 mbar Vordruck. In den Reaktor konnten jetzt 28 t/h Filterkuchen, 4,5 t/h Pyrit und 4 t/h Koks eingespeist werden. Die Temperatur 100 mm über dem Rost stieg auf 940 °C, die anderen Temperaturen waren gleich Beispiel 1.

25 Im Bettmaterial wurden keine Versinterungen beobachtet. Das als Staub augetragene Metalloxidgemisch war homogen. Der SO₂-Gehalt der Reaktionsgase lag mit 25,0 Vol.-% (bezogen auf trockenes Gas) um 6,7 Vol.-% höher als im Beispiel 1, wodurch eine weitere Verarbeitung zu Schwefelsäure erheblich erleichtert wurde. Gegenüber Beispiel 1 konnte die Spaltleistung um
30 40 % von 20 t/h auf 28 t/h Filterkuchen erhöht werden. Nach drei Monaten Betriebsdauer zeigten die Laval-Düsen keinen sichtbaren Verschleiß.

Beispiel 3

- Wie in Beispiel 1 wurden 18 100 m³/h Fluidisierungsluft in den Reaktor eingespeist. Analog zu Beispiel 2 wurden 4 000 m³/h O₂ durch die Laval-Düsen mit Mach 2 Austrittsgeschwindigkeit eingeblasen. Die Filterkucheneinspeisung konnte auf 28,8 t/h erhöht werden. Es wurden außerdem 6,2 t/h Pyrit und 4,1 t/h Koks eingespeist. Der SO₂-Gehalt in den Reaktionsgasen lag bei 23,6 Vol.-% (bezogen auf trockenes Gas).
- 10 Durch die erfindungsgemäße O₂-Einspeisung über Laval-Düsen war somit gegenüber Vergleichsbeispiel 1 eine Steigerung der Filterkuchen-Spaltkapazität auf 144 % möglich.

Anspruch

1. Reaktor mit Anströmboden, durch den ein Fluidisierungsgas in eine über
diesem Anströmboden befindliche Partikelschicht zwecks Erzeugung
5 einer fluidisierten Partikelschicht eingeleitet wird,
dadurch gekennzeichnet,
daß in die Reaktorwand oberhalb des Anströmbodens eine oder
mehrere Überschalldüsen eingebaut sind.
- 10 2. Reaktor nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Überschalldüsen mindestens 100 mm, bevorzugt 250 bis 600
mm, oberhalb des Anströmbodens angeordnet sind.
- 15 3. Reaktor nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Überschalldüsen innen mit der Reaktorwand abschließen oder
gegenüber der Reaktorinnenwand zurückgezogen angeordnet sind.
- 20 4. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Überschalldüsen horizontal oder in einem Winkel von weniger
als 20 ° gegen die Horizontale geneigt angeordnet sind.
- 25 5. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß Überschalldüsen radial oder in einem Winkel zum Radius
angeordnet sind.
- 30 6. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Überschalldüsen mit Kühlmänteln versehen sind.

7. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
daruch gekennzeichnet,
daß die Überschalldüsen Sauerstoff-Düsen sind.
- 5 8. Verfahren zur Durchführung von Reaktionen in fluidisierten
Partikelschichten unter transversaler Einleitung von einem oder
mehreren Reaktanten in die fluidisierte Partikelschicht,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Einleitung der Reaktanten in die fluidisierte Partikelschicht
10 durch transversale Injektion mit Überschallgeschwindigkeit durch
Überschalldüsen erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
15 daß die Austrittsgeschwindigkeit der Reaktanten aus den
Überschalldüsen mindestens Mach 1, vorzugsweise mindestens Mach
1,5, beträgt.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,
20 dadurch gekennzeichnet,
daß die injizierten Reaktanten gasförmig sind.
11. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß die injizierten Reaktanten flüssig oder fest sind und mittels eines
Trärgases in die fluidisierte Partikelschicht injiziert werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
30 daß unterschiedliche Reaktanten durch die Düsen injiziert werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,

daß der injizierte Reaktant Sauerstoff oder ein sauerstoffhaltiges Gas ist.

14.Verfahren nach Anspruch 13,

- 5 dadurch gekennzeichnet,
daß als sauerstoffhaltiges Gas mit Sauerstoff angereicherte Luft eingesetzt wird, die einen Sauerstoffgehalt von mindestens 30 Vol.-% aufweist.

10 15.Verfahren nach einem der Anspruch 8 bis 14,

- dadurch gekennzeichnet,
daß die Fluidisierung der Partikelschicht mittels durch einen Anströmboden eingeleiteter Luft oder mit Sauerstoff angereicherter Luft erfolgt, wobei der Sauerstoffgehalt der mit Sauerstoff angereicherten
15 Luft vorzugsweise höchstens 30 Vol.-% beträgt.

16.Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 15,

- dadurch gekennzeichnet,
daß durch zusätzliche Überschalldüsen Brennstoffe mit
20 Überschallgeschwindigkeit in die fluidisierte Partikelschicht eingeleitet werden.